

51

Int. Cl. 2:

**F 02 B 19/12**

19 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



**DT 25 22 586 A 1**

11

# **Offenlegungsschrift 25 22 586**

21

Aktenzeichen: P 25 22 586.9

22

Anmeldetag: 22. 5. 75

43

Offenlegungstag: 9. 12. 76

30

Unionspriorität:

32 33 31 —

54

Bezeichnung: Mit Ladungsschichtung betriebene, fremdgezündete Brennkraftmaschine

71

Anmelder: Volkswagenwerk AG, 3180 Wolfsburg

72

Erfinder: Heitland, Herbert, Prof. Dr., 3180 Wolfsburg;  
Brandstetter, Walter, Dr., 3170 Gifhorn; Vogelsang, Gustav,  
3300 Braunschweig; Gospodar, Reinhard, Ing. (grad.); Reichel, Kurt,  
Ing.(grad.); Renger, Udo, Dipl.-Ing.; 3180 Wolfsburg;  
Decker, Gerd, Dipl.-Ing., 3182 Vorsfelde;  
Schäfer, Hans-Jürgen, Dipl.-Ing.; Steinke, Dieter; 3180 Wolfsburg

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DT-OS 20 38 098

DT-OS 22 17 873

DT-OS 23 07 017

DT-OS 23 27 703

DT-OS 24 11 909

FR 10 15 003

DT 25 22 586 A 1

V O L K S W A G E N W E R K  
Aktiengesellschaft  
3180 Wolfsburg

Unsere Zeichen: K 1946  
1702-pt-we-sa

Mit Ladungsschichtung betriebene,  
fremdgezündete Brennkraftmaschine

Die Erfindung bezieht sich auf eine mit Ladungsschichtung betriebene, fremdgezündete Brennkraftmaschine, bei der je Zylinder ein Hauptbrennraum und eine über einen Verbindungskanal mit diesem in Verbindung stehende Vorkammer vorgesehen sind, wobei die Vorkammer eine Zündvorrichtung und eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung zur Erzeugung eines gegenüber der Hauptbrennraumladung kraftstoffreicheren, zündfähigen Kraftstoff-Luft-Gemisches aufweist.

Eine derartige Brennkraftmaschine ist im Prinzip beispielsweise aus den deutschen Offenlegungsschriften 2 035 464 und 2 038 396 bekannt. Bei diesen Brennkraftmaschinen wird dem in Hauptbrennraum und Vorkammer unterteilten Brennraum ein von einer üblichen Kraftstoffzuführeinrichtung, die beispielsweise durch einen Vergaser oder eine Saugrohreinspritzung gebildet wird, aufbereitetes Kraftstoff-Luft-Gemisch zugeführt, das je nach Belastung der Brennkraftmaschine eine unterschiedlich

609850/0379

ORIGINAL INSPECTED

große Kraftstoffmenge enthält, jedoch im allgemeinen so arm ist, daß es durch eine Zündkerze nicht mehr gezündet werden kann. Dieses relativ arme Gemisch wird in der Vorkammer durch eine zusätzliche Kraftstoffzugabe mittels einer Direkteinspritzung so angereichert, daß wenigstens in der Nähe der in der Vorkammer angeordneten Zündkerze ein zündfähiges Gemisch vorhanden ist. Nach der Zündung dieses relativ kraftstoffreichen Ladungsteils tritt dann eine Flammenfront durch den Verbindungskanal aus der Vorkammer in den Hauptbrennraum zur Verbrennung der gesamten Zylinderladung über. Dabei ergibt sich infolge der Schichtung der Zylinderladung ein verschleppter Verbrennungsablauf mit herabgesetzten Spitzentemperaturen und -drücken sowie mit verhältnismäßig niedrigen Schadstoffemissionen, insbesondere mit einem niedrigen Gehalt an Stickoxiden.

Die Menge des in die Vorkammer einzuspritzenden Kraftstoffes richtete sich nun nach dem jeweiligen Betriebszustand der Brennkraftmaschine und es bedurfte eines erheblichen Regelaufwandes, um die jeweils günstigste Kraftstoffmenge zum jeweils günstigsten Zeitpunkt zuzuführen.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe ist nun darin zu sehen, bei einer Brennkraftmaschine der eingangs genannten Bauart den Bau- und Regelungsaufwand der herkömmlichen Ausführungen bei Einhaltung ausreichend guter Abgaswerte zu verringern.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt gemäß der Erfindung dadurch, daß die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung eine ungesteuerte Einspritzpumpe aufweist und daß die der Vorkammer zugeführte, unabhängig vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine konstant bleibende Kraftstoffmenge so eingestellt ist, daß in der Vorkammer eine mittlere Luftzahl im Bereich von 0,6 bis 1,1 er-

reicht wird. Erfinderseitig ist nämlich festgestellt worden, daß auch durch eine konstante, in die Vorkammer eingespritzte Kraftstoffmenge ausreichend günstige Schadstoffemissionen insbesondere hinsichtlich des Stickoxidgehaltes der Abgase, erzielt werden, wenn die mittlere Luftzahl in der Vorkammer im Bereich zwischen 0,6 und 1,1 liegt. Andererseits ergibt sich durch diese konstante Einspritzmenge der Vorteil, daß eine einfache, ungesteuerte Einspritzpumpe verwendet werden kann und daß ~~in~~ der zuvor erforderliche Regelungsaufwand zur Regelung der jeweils günstigsten Einspritzmenge in Abhängigkeit vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine entfallen kann. Für eine gegebene Brennkraftmaschine wird also eine günstige Vorkammer-Einspritzmenge ermittelt und fest eingestellt und eine Regelung der der Brennkraftmaschine zuzuführenden Kraftstoffmenge erfolgt dann lediglich noch über den herkömmlichen Vergaser bzw. die Saugrohreinspritzung.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine ergibt sich, wenn das Volumen der Vorkammer etwa 15 bis 35 % des gesamten Brennraumvolumens im oberen Totpunkt des Kolbens beträgt und wenn die in die Vorkammer eingespritzte Kraftstoffmenge entsprechend etwa 2,5 bis 7,5 % der Gesamtkraftstoffmenge im Vollastbetriebspunkt der Brennkraftmaschine beträgt.

Ein weiteres Merkmal der Erfindung besteht darin, daß die Einspritzung des Kraftstoffes in die Vorkammer zu einem festen Zeitpunkt während des Kompressionstaktes erfolgt. Dabei kann die Einspritzung in die Vorkammer zu einem solchen Zeitpunkt erfolgen, daß zwischen dem Ende des Einspritzvorganges und dem Zündzeitpunkt ein Abstand von mindestens  $30^{\circ}$  Kurbelwinkel verbleibt. Auch diese Maßnahme verringert den Regelaufwand für die Vorkammereinspritzung, ohne daß der Verbrennungsablauf

im Sinne einer Verschlechterung der Schadstoffemissionen beeinträchtigt wird.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Vorkammer und der Verbindungskanal zum Hauptbrennraum derart ausgebildet, daß während des Kompressionstaktes eine Drallströmung in der Vorkammer erzeugt wird, und die Einspritzung des Kraftstoffes in der Vorkammer erfolgt in diese Drallströmung so, daß zum Zündzeitpunkt in der Nähe der Zündvorrichtung ein zündfähiges Gemisch vorliegt. Durch diese Ausgestaltung wird auch innerhalb der Vorkammer eine Ladungsschichtung angestrebt mit dem Ziel, auch innerhalb der Vorkammer nicht unbedingt eine mittlere Luftzahl von unter 1,0 einhalten zu müssen. Dies wird dadurch erreicht, daß die Einspritzung in die Drallströmung zu einem solchen Zeitpunkt erfolgt, daß die sich ausbildende, genügend kraftstoffreiche Gemischwolke sich zum Zündzeitpunkt in der Nähe der Zündkerze befindet.

Gemäß einer zweckmäßigen Weiterbildung der Erfindung soll die Vorkammer durch eine dünnwandige Gehäuseschale gebildet sein, die mit Abstand zu den umgebenden Wänden in einer zum Hauptbrennraum hin offenen Ausnehmung des Zylinderkopfes gehalten ist. Dabei kann die die Vorkammer bildende Gehäuseschale von der Seite des Hauptbrennraums her in die Ausnehmung des Zylinderkopfes einbringbar sein und mit einem im Bereich des Verbindungskanals liegenden Haltebund an dem Zylinderkopf befestigbar sein. Diese Ausführung gewährleistet eine relativ schnelle Aufheizung der Vorkammer, so daß schon bald nach dem Start der Brennkraftmaschine der für die Einhaltung niedriger Schadstoffemissionen erforderliche betriebswarme Zustand der Vorkammer erreicht wird. Andererseits ergibt sich durch die Halterung der Vorkammer im Bereich des Verbindungskanals die Möglichkeit, durch eine direkte Wärmeabfuhr auf verhältnismäßig

kurzen Wegen die in diesem Bereich auftretenden Spitzentemperaturen auf erträgliche Werte zu verringern.

Schließlich wird gemäß der Erfindung vorgeschlagen, daß wenigstens der Vorkammer zumindest zeitweise Methanol als Kraftstoff zuführbar ist. Analog den in der älteren Anmeldung P 24 50 305.7 gemachten Vorschlägen ergibt sich durch die Zuführung des leicht dissoziierbaren Methanols in die auf einem relativ hohen Temperaturniveau stehende Vorkammer die Möglichkeit, diesen Kraftstoff noch vor der Zündung thermisch in gasförmige Bestandteile, also in dissoziierte Brenngase, aufzuspalten, um so eine besonders schadstoffarme Verbrennung zu erzielen.

Weitere Vorteile und die wesentlichen Merkmale der Erfindung sind in der nachfolgenden Beschreibung enthalten, die das in der Zeichnung gezeigte Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. Die Zeichnung zeigt in einer teils schematischen Darstellung einen Längsschnitt durch einen Teil des Verbrennungsraums der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine, bei der der Brennraum in einen Hauptbrennraum und eine Vorkammer unterteilt ist.

In der Zeichnung ist mit 1 ein Zylinder, mit 2 ein in dem Zylinder gleitender Kolben und mit 3 ein unter Zwischenschaltung einer Zylinderkopfdichtung 4 auf dem Zylinder 1 gehaltener Zylinderkopf bezeichnet. 5 stellt einen von dem Zylinderkopf 3 und dem Kolben 2 begrenzten Hauptbrennraum dar, in den ein Einlaßventil 6 einmündet, das in der Zeichnung in einer teilgeöffneten Position angedeutet ist.

In einer seitlichen Ausnehmung 11a, 11b des Zylinderkopfes 3 ist ein aus einem hochwarmfesten Material bestehender Einsatz 7 gehalten, in dem eine etwa kugelförmige Vorkammer 8 ausgebildet

ist. Diese Vorkammer 8 steht über einen Verbindungskanal 9 mit dem Hauptbrennraum 5 in Verbindung, wobei der Verbindungskanal 9 etwa tangential in die Vorkammer einläuft. Der Einsatz 7 weist einen relativ massereichen ringförmigen Bund 12 auf, der in der zylindrischen Bohrung 11a des Zylinderkopfes 3 mit relativ engem Spiel gehalten ist und bei der Montage des Zylinderkopfes 3 auf dem Zylinder 1 gegen einen Absatz 10 gedrückt wird. Von diesem ringförmigen Bund 12 aus erstreckt sich der Einsatz 7 als dünnwandige Gehäuseschale 13 in die zum Hauptbrennraum 5 hin geöffnete Ausnehmung 11b des Zylinderkopfes, wobei zwischen der Gehäuseschale 13 und der Innenwand der Zylinderkopfausnehmung 11b ein wärmeisolierender Zwischenraum verbleibt. An der dünnwandigen Gehäuseschale 13 sind Durchbrüche 14 und 15 vorgesehen, durch die eine Zündkerze 16 mit ihren Zündelektroden sowie ein Kraftstoff-Einspritzventil 17 in die Vorkammer 8 einmünden. Das Einspritzventil 17 ist über eine Kraftstoffleitung 18 mit einer Einspritzpumpe 19 verbunden, die den Kraftstoff aus einem Kraftstofftank 20 ansaugt.

Während des Saugtaktes der nach einem Viertakt-Verfahren arbeitenden Brennkraftmaschine wird über das geöffnete Einlaßventil 6 ein relativ mageres, beispielsweise durch einen Vergaser oder eine Saugrohreinspritzung erzeugtes Kraftstoff-Luft-Gemisch in den Brennraum eingesaugt. Während des Verdichtungsaktes wird nun ein Teil dieser Brennraumladung über den Verbindungskanal 9 in die kugelförmige Vorkammer 8 eingeschoben, wobei sich in der Vorkammer infolge des tangential gerichteten Verbindungskanals 9 eine in Richtung des Pfeiles 21 verlaufende Drallströmung einstellt. Zu einem festen Zeitpunkt vor der Zündung durch die Zündkerze 16 erfolgt über das Einspritzventil 17 die Einspritzung einer relativ kleinen konstanten Kraftstoffmenge in diese Drallströmung, wodurch eine örtliche Anreicherung des Gemisches in dem Maße erreicht wird, daß während

der Zündung im Bereich der Zündkerze ein zündfähiges Gemisch sichergestellt ist. Diese Einspritzmenge beträgt bei einem Volumen der Vorkammer von etwa 15 bis 35 % des gesamten Brennraumvolumens im oberen Totpunkt des Kolbens etwa 2,5 bis 7,5 % der im Vollastbetriebspunkt der Brennkraftmaschine benötigten Gesamtkraftstoffmenge und wird unabhängig vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine, also unabhängig von der Last und der Drehzahl der Brennkraftmaschine, konstant gehalten. Auch der Einspritzzeitpunkt bleibt bezogen auf den Zündzeitpunkt und in Kurbelwellenwinkel gemessen konstant. Damit wird es möglich, eine relativ einfach aufgebaute und preiswerte, ungeregelte Einspritzpumpe vorzusehen. Eine Veränderung der der Maschine zugeführten Gesamtkraftstoffmenge erfolgt also nur noch durch entsprechende Anreicherung bzw. Abmagerung des Grundgemisches mittels des in dem Ansaugrohr angeordneten Vergasers bzw. der dort untergebrachten Saugrohreinspritzung.

Die Verankerung des die Vorkammer bildenden Einsatzes 7 erfolgt mit Hilfe des ringförmigen Bundes 12, der in einer zylindrischen Bohrung 11a des Zylinderkopfes eingepreßt ist. Dieser ringförmige Bund 12 befindet sich dabei in Höhe des thermisch besonders hoch belasteten Verbindungskanals 9, dagegen relativ weit entfernt von der weniger stark temperaturbeaufschlagten, dünnwandigen Gehäuseschale 13. Dabei kann der Wärmeübergang von dem ringförmigen Bund 12 des Einsatzes 7 auf den Zylinderkopf beispielsweise durch Hinterdrehungen oder dergleichen auf optimale Verhältnisse abgestimmt sein, so daß einerseits während des Kaltstarts und des Warmlaufs der Brennkraftmaschine eine möglichst schnelle Aufheizung der Vorkammer auf Betriebstemperatur erreicht wird, daß andererseits bei Vollast der Brennkraftmaschine keine zu hohen, beispielsweise Fehlzündungen verursachende Wandtemperaturen erzeugt werden.

Wie oben bereits erwähnt wurde, läuft der Verbindungskanal 9



exzentrisch und im wesentlichen tangential in die kugelförmige Vorkammer 8 ein, so daß während des Verdichtungstaktes in der Vorkammer 8 eine Drallströmung erzeugt wird. Der von dem Einspritzventil 17 eingespritzte Brennstoff wird dann von dieser Drallströmung weitergetragen und der Einspritzzeitpunkt ist bezogen auf den Zündzeitpunkt so gewählt, daß die von der Drallströmung mitgeführte Kraftstoffwolke sich zum Zündzeitpunkt in der Nähe der Zündelektroden der Zündkerze 16 befindet.

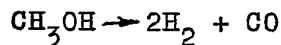
Der Verbindungskanal 9 kann darüberhinaus auch exzentrisch zur Achse des Zylinders 1, d.h. im wesentlichen tangential in den Hauptbrennraum 5 einmünden, so daß nach der Zündung der in der Vorkammer vorhandenen Brennraumladung die Flammenfront exzentrisch in den Hauptbrennraum übertritt, wobei eine Verstärkung der äußeren Turbulenz der Hauptladung während des Expansionstaktes stattfindet und bei langsamerem inneren Fertigbrennen eine verbesserte Randverbrennung stattfindet. Dies ist die Gewähr dafür, daß in den aus der Brennkraftmaschine austretenden Abgasen relativ niedrige Schadstoffanteile vorhanden sind.

Eine weitere Maßnahme zum Niedrighalten der Schadstoffe in den Abgasen besteht darin, die Zündkerze 16 und das Einspritzventil 17 so in die Vorkammer hineinragen zu lassen, daß in ihrem Bereich keine Nischen entstehen können, die eine der Ursachen zur Vergrößerung des HC-Gehaltes im Abgas bilden.

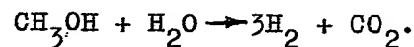
Die Vorkammer der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine weist kein Ein- oder Auslaßventil auf, ist also ungespült. Dies bedeutet, daß während des Auslaßtaktes der Brennkraftmaschine nicht das gesamte in der Vorkammer vorhandene Abgas in die Auspuffanlage gelangt, sondern daß ein Rest-gasanteil dort verbleibt. Dieser Restgasanteil ist bei Teillast relativ hoch und

bei höheren Lasten relativ klein und trägt dazu bei, daß eine Verbrennung mit relativ niedriger Stickoxidbildung gewährleistet wird.

Die Schadstoffemission der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine wird weiter dadurch verringert, daß das über den in der Zeichnung nicht gezeigten Saugkanal angesaugte Frischgas durch Wärmeaustausch mit abgasführenden Leitungen auf eine bestimmte Mindesttemperatur gebracht wird, die eine wirkungsvolle Aufbereitung des Kraftstoff-Luft-Gemisches sicherstellt. Diese Maßnahmen sind besonders dann erforderlich, wenn die Brennkraftmaschine anstelle von Benzin Methanol als Kraftstoff verwendet. Dabei ist es möglich, sowohl bei der Bildung des Grundgemisches Methanol als Kraftstoff heranzuziehen oder diesen nur mit dem Einspritzventil 17 in die Vorkammer einzuspritzen und das Grundgemisch als Benzin-Luft-Gemisch beizubehalten. Methanol ist bekanntlich ein leicht dissoziierbarer Brennstoff, der noch vor oder während der Verbrennung in der Vorkammer aufgrund der dort vorhandenen relativ hohen Betriebstemperaturen in Wasserstoff und Kohlenmonoxid oder bei Anwesenheit von Wasser in Kohlendioxid nach folgenden zwei Reaktionen dissoziiert:



oder



Beide Reaktionen erfolgen endotherm mit einem Energiebedarf von ca. 1000 kcal/kg, der den auf erhöhten Betriebstemperaturen befindlichen Brennraumwänden entnommen werden muß.

Die auf diese Weise in der Vorkammer 8 erzeugten dissoziierten Brenngase vermischen sich mit dem in die Vorkammer geschobenen Kraftstoff-Luft-Gemisch und werden von der Zündkerze 16 in be-

kannter Weise gezündet. Wegen der zumindest teilweise vorhandenen dissoziierten Brenngase erfolgt dann die Verbrennung des gesamten Gemisches relativ schadstoffarm, so daß mit den Abgasen nur noch verhältnismäßig wenig Schadstoffe in die Umgebung abgegeben werden.

609850/0379

A N S P R Ü C H E

1. Mit Ladungsschichtung betriebene, fremdgezündete Brennkraftmaschine, bei der je Zylinder ein Hauptbrennraum und eine über einen Verbindungskanal mit diesem in Verbindung stehende Vorkammer vorgesehen sind, wobei die Vorkammer eine Zündvorrichtung und eine Kraftstoff-Einspritzvorrichtung zur Erzeugung eines gegenüber der Hauptbrennraumladung reicheren, zündfähigen Kraftstoff-Luft-Gemisches aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftstoff-Einspritzvorrichtung (17,19) eine ungesteuerte Einspritzpumpe (19) aufweist und daß die der Vorkammer (8) zugeführte, unabhängig vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine konstant bleibende Kraftstoffmenge so eingestellt ist, daß in der Vorkammer eine mittlere Luftzahl im Bereich von 0,6 bis 1,1 erreicht wird.
2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Volumen der Vorkammer (8) etwa 15 bis 35 % des gesamten Brennraumvolumens im oberen Totpunkt des Kolbens (2) beträgt, und daß die in die Vorkammer eingespritzte Kraftstoffmenge entsprechend etwa 2,5 bis 7,5 % der Gesamtkraftstoffmenge im Vollastbetriebspunkt der Brennkraftmaschine beträgt.
3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzvorrichtung (17,19) zur Einspritzung des Kraftstoffes in die Vorkammer (8) zu einem festen Zeitpunkt während des Kompressionstaktes ausgebildet ist.
4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzvorrichtung (17,19) zur Einspritzung

des Kraftstoffes in die Vorkammer (8) zu einem solchen Zeitpunkt ausgebildet ist, daß zwischen dem Ende des Einspritzvorganges und dem Zündzeitpunkt ein Abstand von mindestens 30° KW verbleibt.

5. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorkammer (8) und der Verbindungskanal (9) zum Hauptbrennraum (5) derart ausgebildet sind, daß während des Kompressionstaktes eine Drallströmung in der Vorkammer erzeugt wird, und daß die Einspritzung des Kraftstoffes in der Vorkammer so in diese Drallströmung erfolgt, daß zum Zündzeitpunkt in der Nähe der Zündvorrichtung (16) ein zündfähiges Gemisch vorliegt.
6. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorkammer (8) durch eine dünnwandige Gehäuseschale (13) gebildet ist, die mit Abstand zu den umgebenden Wänden einer zum Hauptbrennraum (5) hin offenen Ausnehmung (11b) des Zylinderkopfes (3) gehalten ist.
7. Brennkraftmaschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die die Vorkammer (8) bildende Gehäuseschale (13) von der Seite des Hauptbrennraums (5) her in die Ausnehmung (11b) des Zylinderkopfes (3) einbringbar und mit einem Bereich des Verbindungskanals (9) liegenden Haltebund (12) befestigbar ist.
8. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens der Vorkammer (8) zumindest zeitweise Methanol als Kraftstoff zuführbar ist.

- 13 -

OT:09.12.1976



K1946